

КИНЕТИКА СТАРЕНИЯ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА Fe-Cr-Ni СТАЛЕЙ ПОСЛЕ ТМО

Левина А.В., Скорынина П.А., Шарапова В.А.

Руководитель – проф., д.т.н. Мальцева Л.А.

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,
г. Екатеринбург, Россия
mla44@mail.ru

Необходимым условием выяснения возможных пределов использования изделий изготовленных из коррозионностойких сталей, оптимизации режимов термопластической обработки для различных вариантов, являются достаточно детальные представления о процессах, происходящих в исследуемых сталях при предварительной термической обработке, холодной пластической деформации и последующем последеформационном старении.

Одной из основных задач термомеханической обработки сталей является выбор эффективных режимов термической обработки и холодной пластической деформации, позволяющих получить, наряду с хорошей технологической пластичностью, комплекс высоких значений механических свойств после окончательной обработки. Исследование кинетики термического старения позволяет определить оптимальные режимы старения исследуемой стали.

В данной работе уделяется внимание исследованию высокотехнологичной стали аустенитного класса на Fe-Cr-Ni основе, с дополнительным легированием титаном, алюминием и кобальтом, для производства особо высокопрочной проволоки тонких и тончайших сечений, предназначенных для производства пружин, упругих элементов и медицинstrumenta. Исследуемая аустенитная сталь обладает в закаленном состоянии высокой пластичностью, вязкостью и низкой прочностью.

Важнейшей задачей является – достижение максимальных значений удельных характеристик: прочности, жесткости и др. в результате последующей термической или термомеханической обработки. Старение закаленных аустенитных сталей при температурах 500 и 600 °С в течении 1 часа показало, что во всех исследуемых сталях процессы старения протекают слабо, вызывая незначительное изменение механических свойств. По-видимому, выделение интерметаллидных фаз из аустенита в данной исследуемой стали протекает при более высокой температуре старения, о чем свидетельствуют повышенные значения прочностных и дюрометрических характеристик после нагрева до температуры 800 °С (в случае низкотемпературной закалки, а также наличия экзотермического пика на кривых дифференциально-сканирующего анализа ДСК).

Поскольку исследуемая сталь является термически стабильной в широком интервале температур, то на дилатометрических кривых, а также

на кривых ДСК при нагреве до 720 °С не наблюдается появление перегибов или наличие экзотермических пиков, свидетельствующих о протекании фазовых превращений. На термических кривых ДСК анализа закаленной стали наблюдается двухстадийный экзотермический пик при температурах 720 и 850 °С, связанные с выделением интерметаллидных фаз из γ -твердого раствора. Холодная пластическая деформация (волочением) приводит к существенному изменению структурного и фазового состава: с увеличением степени холодной пластической деформации возрастает доля мартенсита деформации и при высокой холодной пластической деформации $\epsilon = 2,3$ и выше структура становится практически мартенситной. В результате холодной пластической деформации прочностные свойства исследуемой стали возрастают в 2,5...3 раза. Так как практически безуглеродистая сталь на Fe-Cr-Ni основе, дополнительно легированная Mo, Ti, Al и Co и, имеющая в своей структуре ОЦК-фазу, представляет собой мартенситностареющую сталь (близка к исследуемой стали мартенситностареющая сталь ЗИ90-ВИ – 03X12Н8К5М2ЮТ), то следовало ожидать, что исследуемая нами аустенитная сталь 03X14Н11К5М2ЮТ в деформированном состоянии будет аналогична по своему поведению при нагреве до температур старения и выше мартенситностареющей стали. На термических кривых ДСК анализа деформированных образцов стали наблюдаются два экзотермических пика при температурах 520 и 580 °С, обусловленные распадом пересыщенного α -твердого раствора с выделением интерметаллидных фаз и несколько высокотемпературных экзо- и эндотермических пиков. Основной прирост прочностных и упругих свойств в сталях подобного типа наблюдается в результате старения, который связан с распадом пересыщенного ОЦК-твердого раствора с выделением интерметаллидной фазы. Для определения наиболее эффективных режимов старения исследуемой стали 03X14Н11К5М2ЮТ определяли кинетику изменения механических свойств исследуемой стали после холодной пластической деформации в ходе старения при различных температурах.

После холодной пластической деформации для исследуемой стали наблюдалась ярко выраженная стадийность процесса старения, при этом основной прирост свойств наблюдается при температуре 500 °С с выдержкой в течение одного часа. При температурах старения выше 500 °С с эквивалентной выдержкой имело место разупрочнение.

Кинетика изменения удельного электросопротивления исследуемой стали 03X14Н11К5М2ЮТ при комнатной температуре после нагрева до 500 °С с различными выдержками показало, что с увеличением выдержки степень распада твердого раствора возрастает и тем сильнее уменьшается электросопротивление ρ .

Изучение влияния длительности старения на механические свойства проводилось с целью выбора режима, позволяющего максимально повысить значения прочностных и упругих характеристик при сохранении удовлетворительной пластичности и вязкости. Такое сочетание механических свойств достигается в стали на стадии старения предшествующей разупрочнению, т.е. при температурах 475...525 °С в течение часа. Временной интервал порядка одного часа был определен для проволочных образцов и характерен для широкого интервала сечений проволоки исследуемой стали, оптимален, поскольку при дальнейшем увеличении длительности процесса старения наблюдалось насыщение прочностных характеристик при достижении $\sigma_B = 2200$ МПа.

Таким образом, максимальное упрочнение закаленной и деформированной проволоки приходится на температуру старения порядка 500 °С; наибольший прирост прочностных свойств наблюдается после одночасовой выдержки. Пластические свойства проволоки при этом максимально понижены, но остаются на достаточно высоком уровне.

Работа выполнена в рамках гранта Президента РФ для государственной поддержки молодых российских ученых (МК-4474.2009.8) и программы «У.М.Н.И.К.».